



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**
⑩ **DE 200 07 580 U 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 04 D 13/02
F 04 D 29/04
F 04 D 29/18
F 04 D 25/06
H 02 K 7/09
A 61 M 1/00
G 01 P 5/00

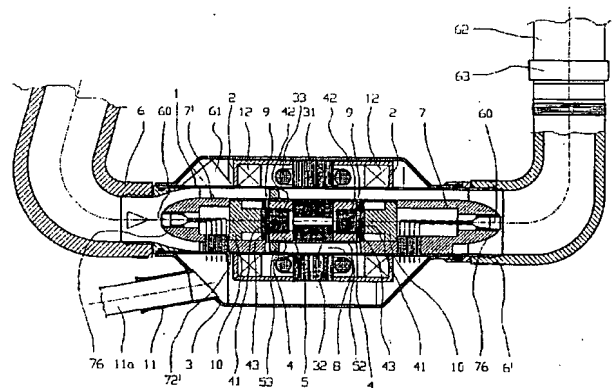
②① Aktenzeichen: 200 07 580.2
②② Anmeldetag: 19. 4. 2000
④⑦ Eintragungstag: 31. 8. 2000
④③ Bekanntmachung
im Patentblatt: 5. 10. 2000

DE 200 07 580 U 1

- ⑥⑥ Innere Priorität:
299 07 332. 7 20. 04. 1999
- ⑦③ Inhaber:
Mediport Kardiotechnik GmbH, 12247 Berlin, DE
- ⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Gulde Hengelhaupt Ziebig, 10117
Berlin

⑤④ **Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden**

⑤① Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden, bestehend aus einem rohrförmigen, das Fluid im wesentlichen axial führenden Hohlkörper (1), in dem in axialer Ausrichtung ein mit einem außerhalb des Hohlkörpers (1) befindlichen Motorstator (31) in Rotation versetzbares Förderteil (5) gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß das in Rotation versetzbare Förderteil (5) zwischen zwei im Hohlkörper (1) fixierte Befestigungselemente (7, 7', 75), durch je einen Nabenspalt (9) berührungsfrei getrennt, gelagert ist, wobei sowohl die Befestigungselemente (7, 7' 75) als auch das Förderteil (5) funktionell zusammenwirkende Lagerelemente (41, 42 und/oder 44, 45) aufweisen.



DE 200 07 580 U 1

5

10

Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden

15

Beschreibung

20

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

25

Insbesondere geringer stabile mehrphasige Fluide, die durch einen Energieeintrag irreversible Veränderungen erfahren können, wie z. B. Emulsionen und Dispersionen, können beim Fördern in entsprechenden Vorrichtungen wie Pumpen nachteiligerweise in instabile Bereiche geraten.

30

35

Ein besonders empfindliches Fluidsystem stellt das Blut dar. Diese undurchsichtige rote Körperflüssigkeit der Wirbeltiere zirkuliert in einem in sich geschlossenen Gefäßsystem, wobei rhythmische Kontraktionen des Herzens das Blut in die verschiedenen Gebiete des Organismus hineindrücken. Hierbei transportiert das Blut die Atemgase Sauerstoff und Kohlendioxid sowie Nährstoffe, Stoffwechselprodukte und körpereigene Wirkstoffe. Das Blutgefäßsystem einschließlich des Herzens ist hierbei hermetisch von der Umwelt abgeschildert, so daß im gesunden Organismus das Blut

5 keine Veränderungen erfährt, wenn es über das Herz durch den Körper gepumpt wird.

Bekannt ist, daß das Blut bei Kontaktierung mit nichtkörpereigenen Materialien oder durch Fremd-
 10 energiekeeinwirkung zur Hämolyse und Thrombenbildung neigt. Thrombenbildung kann für den Organismus tödlich sein, weil sie zu Verstopfungen im weitverzweigten Gefäßsystem führen kann. Hämolyse beschreibt den Zustand, daß über das physiologische Maß hinaus die
 15 roten Blutkörperchen innerhalb des Körpers lysiert - zerstört - werden. Die Ursachen für Hämolyse können mechanisch oder metabolischer Art sein. Gesteigerte Hämolyse hat multiple Organschäden zur Folge und kann bis zum Tode des Menschen führen.

20 Andererseits hat sich gezeigt, daß es prinzipiell möglich ist, unter bestimmten konstruktiven Voraussetzungen, die Pumpleistung des Herzens zu unterstützen bzw. sogar das natürliche Herz durch ein
 25 Kunstherz zu ersetzen. Allerdings ist ein Dauerbetrieb von implantierten Herzunterstützungspumpen oder Kunstherzen zur Zeit nur begrenzt möglich, weil die Wechselwirkungen dieser Kunstprodukte mit dem Blut immer noch zu nachteiligen Veränderungen des Blutes
 30 führen.

Im bekannten Stand der Technik sind verschiedene Entwicklungsrichtungen von Blutpumpen erkennbar. Herzunterstützungspumpen und Kunstherzen können
 35 ausgehend von der geforderten Druckdifferenz und dem Volumenstrom sowohl nach dem Verdrängerprinzip als sogenannte pulsatile Pumpen oder nach dem Turboprinzip als radiale oder axiale Strömungsmaschinen ausgeführt werden. Diese drei genannten Bauarten werden zur Zeit

5 parallel entwickelt. Dabei zeigen die Strömungs-
maschinen wegen der hohen Leistungsdichte dieser
Maschinenart kleinere Abmessungen als Kolbenmaschinen.
Innerhalb der Pumpen, die nach dem Turboprinzip
funktionieren, ist die axiale Pumpenvariante in der
10 Regel kleiner als die radiale. Hierbei läßt sich
grundsätzlich eine Turbomaschine zu gegebener
Druckdifferenz und gegebenem Volumenstrom sehr
unterschiedlich sowohl als axiale als auch radiale
Pumpe mit sehr unterschiedlichen Drehzahlen ausführen.

15 Die aus dem Stand der Technik bekannten axialen
Blutpumpen bestehen im wesentlichen aus einem äußeren
zylindrischen Rohr, in dem ein Förderteil, das als
Rotor eines außen anliegenden Motorstators ausgebildet
20 ist, rotiert und damit das Blut in axialer Richtung
bewegt. Die Lagerung des Förderteils stellte ein
Problem dar. Eine rein mechanische Lagerung ist
hinsichtlich der Blutschädigung und auch der relativ
hohen Reibungswerte nachteilig. Auch die bisher
25 beschriebenen Magnetlagerungsvarianten haben zu keiner
befriedigenden Lösung geführt.

Aus Kawahito et al.: *In Phase 1 Ex Vivo Studies of the
Baylor/NASA Axial Flow Ventricular Assist Device*, in:
30 *Heart Replacement Artificial Heart 5*, Seiten 245-252,
Springer Verlag Tokyo 1996, Herausgeber T. Akutso und
H. Koyagani, ist eine gattungsgemäße axiale Blutpumpe
zur Unterstützung eines erkrankten Herzens bekannt, die
in den Brustraum eines Patienten implantierbar ist. Die
35 axiale Blutpumpe weist ein rotierendes Laufrad mit
einer Beschaufelung auf, das innerhalb eines
blutführenden Rohres gelagert und mittels eines
Elektromotors angetrieben wird.

5 Hierzu ist das Laufrad als Rotor des Elektromotors
ausgebildet und über in der Beschaufelung angebrachte
Magnete mit dem gehäusefesten Stator des Elektromotors
gekoppelt. Eine Axial- und Radiallagerung des Rotors
erfolgt über eine Spitzenlagerung, bei der der Rotor
10 punktwise an in der Strömung angeordneten Lager-
elementen abgestützt wird. Eine derartige Anordnung ist
auch aus der US A 4,957,504 bekannt.

Die bekannte Blutpumpe weist den Nachteil auf, daß das
geförderte Blut in nicht unerheblichem Ausmaße eine
15 Traumatisierung und Schädigung erfährt. Insbesondere
besteht die Gefahr einer Thrombenbildung. Der Grund
hierfür liegt im wesentlichen in der Ausbildung von
Totwassergebieten an den Lagern.

Ein weiterer Nachteil besteht zweifelsfrei in der
20 begrenzten Standzeit der mechanischen Lager infolge
Verschleißes.

Im US-Patent 4 779 614 wird eine implantierbare axiale
Blutpumpe beschrieben, die aus einem äußeren
25 zylindrischen Rohr und einer in diesem Rohr rotierenden
Rotornabe zur Blutförderung besteht. Der Rotor ist
magnetisch gelagert und trägt gleichzeitig die
Rotormagnete des Antriebes und die Laufschaufeln. Der
magnetisch gelagerte Rotor bildet mit der am äußeren
30 Rohr befestigten Statorbeschaufelung lange, enge
Spalte. Durch die Anordnung von zwei Motor-Stator-
Kombinationen jeweils an den Enden der Pumpe soll die
radiale Lage des Rotors stabilisiert werden. Die
Position in Achsrichtung wird durch ein weiteres
35 Magnetpaar, das auch die Axialkräfte des Rotors
aufnehmen soll, stabilisiert. Obwohl ein relativ
breiter Ringspalt für die Fluidströmung vorgesehen ist
und mit der magnetischen Lagerung des Rotors
wesentliche Entwicklungsziele für implantierbare

5 Blutpumpe bezüglich kompakter Bauweise und Freiheit von
Dichtungs- und Lagerproblemen verfolgt werden können,
weist diese Blutpumpe gravierende Nachteile für die
Funktion und den konstruktiven Aufbau der Pumpe auf.
10 Die überlangen engen Spalte zwischen der Rotornabe und
den Leitschaufeln am Stator erhöhen die Gefahr der
Blutschädigung durch große Geschwindigkeitsgradienten
der Spaltströme. Die zur Rotorstabilisierung notwendige
Anordnung von zwei Motoren ist konstruktiv aufwendig.
Weiterhin ist der Rotor in axialer Richtung nicht
15 formschlüssig gesichert und stellt dadurch ein
Restrisiko dar.

In dem US-Patent 5 385 581 ist ebenfalls eine axiale
Blutpumpe mit magnetischer Lagerung beschrieben. Die
20 Lagermagneten sind im Rotor und im Statorbereich
entgegengesetzt gepolt angeordnet.
Nachteiligerweise führt das zum Stillstand der Pumpe,
wenn die Lagerung versagt. Ferner ist es nachteilig,
daß kein sogenanntes Nachleitgitter vorgesehen ist, das
25 heißt, den gesamten Druck baut das Laufrad auf, und der
Restdrall verbleibt in der Strömung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine
Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- und
30 mehrphasigen Fluiden zur Verfügung zu stellen, die bei
einfachem konstruktivem Aufbau das zu fördernde Fluid
in seinen Eigenschaften nicht oder nur unwesentlich
verändert, Totwassergebiete und Verwirbelungen des zu
fördernden Fluids minimiert und eine pulsierende
35 Förderung ermöglicht.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den
kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1.

5 Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 Eine erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich dadurch aus, daß das im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers angeordnete, in Rotation versetzbare Förderteil mittels einer Magnetlagerung gelagert ist. Hierzu sind in das Förderteil bevorzugt sowohl permanentmagnetische Lager Elemente für die Magnetlagerung als auch permanentmagnetische Elemente für die Funktionalität als Motorrotor eines Elektromotors integriert. Die Verwendung einer Magnetlagerung erlaubt es, auf üblicherweise in der Strömung des zu fördernden Fluids angeordnete Lager Elemente, die zu Totwassergebieten und Verwirbelungen des zu fördernden Fluids führen und dadurch die Strömung in negativer Weise beeinflussen, zu verzichten.

25 Des Weiteren ist eine Magnetlagerung verschleißfrei, so daß hohe Standzeiten gesichert werden, was insbesondere bei der Anwendung als Blutpumpe zur Unterstützung oder dem Ersatz des menschlichen Herzens bedeutsam ist und darüber hinaus zu einer Kosteneinsparung führt.

30 Diese Ausbildung der Erfindung stellt einen einfachen konstruktiven Aufbau zur Verfügung, da hier auf mechanische Lager Elemente verzichtet wird. Die für die magnetische Lagerung erforderlichen permanentmagnetischen Lager Elemente sind zusätzlich zu den permanentmagnetischen Elementen des Motorrotors unmittelbar am Förderteil angeordnet. Die magnetische Lagerung nimmt vorteilhafterweise sowohl die axialen als auch die radialen Kräfte auf.

5 In einer bevorzugten Ausgestaltung ist eine Axialstabilisierung zur Stabilisierung der axialen Lage des Förderteiles vorgesehen. Die Axialstabilisierung stellt eine aktive Regelung der axialen Lage des Förderteiles zur Verfügung, wobei dem Förderteil
10 stirnseitig zugeordnete Ringspulen einen axialen Magnetfluß erzeugen, der den axialen Magnetfluß der permanentmagnetischen Lagerelemente überlagert und der Regelung der axialen Lage dient. Derartige Stabilisierungsanordnungen sind für die erfindungs-
15 gemäße axiale Flüssigkeitspumpe bzw. Blutpumpe nicht bekannt.

Beispielsweise sind die permanentmagnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung in die Rotornaben und
20 die magnetischen Elemente des Motorrotors in das Förderteil integriert. Das erfindungsgemäße Förderteil ermöglicht ein besonders günstiges Strömungsverhalten des zu fördernden Fluids. Der notwendigerweise vorhandene Rotorspalt zwischen der Außenseite des
25 Förderteiles und der Innenseite des rohrförmigen Hohlkörpers ist dabei derart ausgelegt, daß sowohl die Motorverluste als auch durch den Spalt auftretende Strömungsverluste minimiert sind. Dabei ist zu
30 beachten, daß die auftretenden Motorverluste um so größer sind, je weiter der Motorrotor vom Motorstator entfernt ist. Ein kleiner Rotorspalt ist motorseitig daher als günstig anzusehen. Andererseits führt ein kleiner Rotorspalt jedoch zu großen Reibungsverlusten der Strömung und ist daher strömungstechnisch
35 ungünstig. Ein geeigneter Kompromiß für Blutpumpen liegt beispielsweise in der genannten Rotorspaltbreite von 0,5 bis 2,5 mm.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird
das in Rotation versetzbare Förderteil durch eine
Rotornabe, eine mit der Rotornabe drehfest verbundenen
Beschaufelung und eine Integration der magnetischen
10 Elemente des Motorrotors sowie der permanent-
magnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung in die
Rotornabe und/oder die Beschaufelung gekennzeichnet.
Dadurch wird die Entstehung von Strömungsverlusten bei
dieser Ausführungsvariante minimiert. Die permanent-
magnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung sind bei
15 dieser Ausgestaltung bevorzugt in der Rotornabe
angeordnet. Bevorzugt sind für eine sowohl in
Strömungsrichtung als auch entgegen der Strömungs-
richtung steife axiale Lagerung des Förderteils an
beiden Enden der Rotornabe permanentmagnetische
20 Lagerelemente angeordnet, die jeweils mit permanent-
magnetischen Lagerelementen einer axial beabstandeten
Fluid-Leiteinrichtung zusammenwirken. Die magnetischen
Elemente des Motorrotors sind hier zwischen den beiden
endig angeordneten permanentmagnetischen Lagerelementen
25 angeordnet.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung
besteht darin, daß in die Naben der axialen Blutpumpe
und/oder in die Wandung des rohrförmigen Hohlkörpers
30 Sensoren zur Erfassung des momentanen Blut-
Volumenstromes und der momentan von der Pumpe erzeugten
Druckdifferenz integriert sind. Beide Meßgrößen stehen
im Controller der Fördereinrichtung für Soll-Ist-
Vergleiche zur Verfügung und eröffnen damit die
35 Möglichkeit für eine Regelung des Fördervorganges im
Sinne einer physiologisch optimalen, der natürlichen
Herzaktion angepaßten pulsatilen Förderung mittels
zeitabhängiger Drehzahländerung des Rotors oder einer
im Sinne geringen Energieverbrauchs optimierten

5 pulsatilen Förderung durch die Pumpe, gleichfalls
realisiert durch zeitabhängige Drehzahländerung.

10 In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der
Erfindung sind an der Stirnseite der Rotornabe Mittel
vorgesehen, die im Nabenspalt zwischen Fluid-
Leiteinrichtung und Förderteil befindliches Fluid
radial nach außen fördern, etwa radiale
Beschaufelungen, Rillen, Ausbuchtungen oder ballige
Formgebungen.

15 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung
besteht darin, daß in mindestens einer der Fluid-
Leiteinrichtungen eine axial verlaufende Bohrung
vorgesehen ist, die von zu förderndem Fluid durchströmt
20 wird und die bewirkt, daß im Nabenspalt zwischen Fluid-
Leiteinrichtung und Förderteil befindliches Fluid
radial nach außen transportiert wird.

25 Beide vorgenannten Weiterbildungen beeinflussen die
radiale Druckverteilung und generieren Ausgleichs-
strömungen zur Verhinderung von Totwassergebieten im
Nabenspalt zwischen den Stirnseiten von Fluid-
Leiteinrichtung und Förderteil.

30 In einer weiteren Ausbildung der Erfindung weist das
Förderteil, insbesondere die Rotornabe in axialem
Abstand zwei Beschaufelungen auf. Hierdurch wird ein
sogenanntes Tandemgitter gebildet.

35 Vorteilhafterweise wird dadurch die je Schaufelreihe zu
erbringende Druckerhöhung herabgesetzt. Darüber hinaus
schränkt diese besondere Ausbildung des Rotors der
Fördereinrichtung störende Kippbewegungen desselben
zusätzlich ein.

5 Weitere Ausbildungen der Erfindung zeichnen sich
dadurch aus, daß die Lagerung des Rotors durch
Kombination einer magnetischen Axiallagerung mit einer
mechanischen Radiallagerung bewerkstelligt wird. Eine
10 vorteilhafte Weiterbildung ist dadurch gekennzeichnet,
daß die Naben auf ihrer dem Rotor zugewandten
Stirnseite Achsstümpfe besitzen, die im Zusammenwirken
mit Gleitlagerbuchsen, die stirnseitig in den Rotor
eingesetzt sind und in die Achsstümpfe hineinragen, die
15 radiale Lagerung des Rotors mit sehr hoher Steifigkeit
übernehmen oder daß eine durchgehende Achse existiert,
die in die Stirnseiten der Naben eingesetzt ist und auf
der der Rotor mittels Gleitlagerbuchsen radial mit
hoher Steifigkeit gelagert ist. In diesen Ausbildungen
20 der Erfindung wird die axiale Lagerung des Rotors über
abstoßend wirkende, permanentmagnetische Lagerelemente
in der Rotornabe und in den Naben der Befestigungs-
elemente realisiert.

25 Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist
dadurch charakterisiert, daß die Rotornabe beidseitig
Achstümpfe besitzt, die in Gleitlagerbuchsen umlaufen,
die sich in den Stirnseiten beider Naben befinden und
auf diese Weise eine radiale Lagerung mit hoher
Steifigkeit sichern. In dieser Ausbildung der Erfindung
30 wird die axiale Lagerung des Rotors über abstoßend
wirkende, permanentmagnetische Lagerelemente in der
Rotornabe und in den Naben der Befestigungselemente
realisiert.

35 Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die
Figuren der Zeichnung beispielhaft näher erläutert.

Es zeigen

- 5 Fig. 1 eine axiale Blutpumpe in Schnittdarstellung,
- Fig. 2 eine axiale Fördervorrichtung mit Magnet-
lagerung, Axialstabilisierung und Positions-
sensorik in Längsschnittdarstellung,
- 10 Fig. 2a eine Schnitt-A-A-Darstellung der axialen
Fördervorrichtung gemäß Fig. 2,
- Fig. 2b eine axiale Fördervorrichtung mit
15 Magnethalterung in Längsschnitt,
- Fig. 2c eine Schnitt-A-A-Darstellung der axialen
Fördervorrichtung gemäß Fig. 2b,
- 20 Fig. 2d eine axiale Fördervorrichtung mit konischem
Förderteil in Längsschnittdarstellung,
- Fig. 3a eine Magnethalterung für eine axiale Förder-
vorrichtung,
- 25 Fig. 3b die Magnethalterung gemäß Fig. 3a im Quer-
schnitt,
- Fig. 4 ein Förderteil mit Doppelbeschaufelung,
- 30 Fig. 5 eine Fluid-Leiteinrichtung mit Positionssensor
und permanentmagnetischem Lagerelement,
- Fig. 5a die Fluid-Leiteinrichtung gemäß Fig. 5 in der
35 Darstellung Schnitt-B-B,
- Fig. 6 eine axiale Fördervorrichtung mit axialer
gleichgepolter (abstoßende) Magnetlagerung
kombiniert mit einer radialen Achslagerung,

- 5 Fig. 6a eine axiale Fördervorrichtung mit radialer Achslagerung, Stabilisatoren und entgegengesetzter Lagermagnetpolung (anziehend),
- 10 Fig. 7a eine schematische Vorderansicht der Stirnseite einer Rotornabe oder Nabe,
- Fig. 7b eine schematische Vorderansicht der Stirnseite einer weiteren Rotornabe oder Nabe,
- 15 Fig. 7c eine schematische Vorderansicht der Stirnseite einer Rotornabe oder Nabe mit exzentrischer Erhöhung,
- 20 Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung eines Nabenspaltes, gebildet zwischen Förderteil und Nabe eines Befestigungselementes,
- 25 Fig. 8a eine schematische Schnittdarstellung eines Nabenspaltes gebildet zwischen Förderteil und Nabe eines Befestigungselementes und
- Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung durch eine Nabe mit axialer Bohrung.
- 30
- 35 Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausführung einer erfindungsgemäßen Blutpumpe mit Pumpengehäuse 3 und Stabilisatorgehäuse 2. Außerhalb eines rohrförmigen Hohlkörpers 1, in dem in axialer Richtung das Fluid gefördert wird, ist um den Hohlkörper 1 herum ein Motorstator 31 mit Motorwicklungen 33 angeordnet. Der Motorstator 31 treibt ein Förderteil 5 an, das einen Motorrotor 32 und eine Rotornabe 52 enthält und das im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers 1 gelagert ist.

- 5 Die Rotornabe 52 weist eine Rotorbeschaufelung 53 auf.
In Strömungsrichtung vor und hinter der Rotornabe 52
sind Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' mit Fluidleit-
beschaufelungen 72 und 72' an der Innenwand des
rohrförmigen Hohlkörpers 1 fixiert. Zwischen den Fluid-
10 Leiteinrichtungen 7 und 7' und der Rotornabe 52 ist ein
sogenannter Nabenspalt 9 ausgebildet. Über den
Motorstator 31 ist der Motorrotor 32, der mit der
Rotornabe 52 kombiniert ist, in Rotation versetzbar.
- 15 Beim Betrieb der Blutpumpe wird das ausströmende Blut
durch einen Krümmer 6 dem Förderteil 5 zugeführt und
wird dort mittels der Rotorbeschaufelung 53 in Rotation
versetzt, wobei die Rotornabe 52 für strömungsdynamisch
günstige Verhältnisse sorgt. Für eine strömungs-
20 technisch vorteilhafte Anströmung der Rotor-
beschaufelungen 53 sorgt die stromaufwärts fest mit dem
Hohlkörper 1 verbundene Fluid-Leiteinrichtung 7' mit
ihren Beschaufelungen 72'. Der Drucksensor 60 erlaubt
die Druckmessung im zuströmenden Fluid. Das Förderteil
25 5 erhält seinen Antrieb in an sich bekannter Weise
durch magnetische Kopplung des Motorrotors 32 mit dem
Motorstator 31. Eine Bildung von Thromben bei Blut als
zu förderndem Medium ist stark minimiert, da aufgrund
der Magnetlagerung keine Lagerelemente in der Strömung
30 angeordnet sind, die eine Bildung von Totwassergebieten
herbeiführen könnten. Eine Verwirbelung und damit
verbundene Strömungsverluste erfolgt lediglich in
geringem Maße. Ein Rotorspalt 8 zwischen Rotornabe 52
und Innenwand des Hohlkörpers 1 weist dabei eine Breite
35 auf, die die Strömungsverluste klein hält und
gleichzeitig auch die Motorverluste begrenzt, die mit
zunehmendem Abstand des Motorrotors 32 vom Motorstator
31 zunehmen. Als besonders günstig hat sich
beispielsweise eine Breite des Rotorspaltes 8 zwischen

- 5 0,5 und 2,5 mm herausgestellt. Nach Beschleunigung des Fluids durch die Rotorbeschaufelung 53 der Rotornabe 52 und einem damit einhergehenden Druckaufbau wird das Fluid in die Fluid-Leiteinrichtung 7 geleitet, wo es eine Umlenkung in axiale Richtung erfährt und ein
- 10 weiterer Druckaufbau erfolgt. Durch die Formgebung der Fluid-Leitbeschaufelung 72 der Fluid-Leiteinrichtung 7 wird sichergestellt, daß die Umlenkung des Fluids in axialer Richtung schonend und ebenfalls im wesentlichen ohne Verwirbelung erfolgt.
- 15 Das Blut verläßt die Blutpumpe über einen Krümmer 6' und strömt in eine Aortenkanüle 62, die am Krümmer 6' mittels eines lösbaren Verbindungselementes 63 befestigt ist. Ein speziell geschirmtes Kabel 11a, das die Versorgungs- und die Signalleitungen für den
- 20 Motorstator 31, den Axialstabilisator 12 und die Sensorik 60, 61 und 43 enthält, ist über den Kabelstutzen 11 mit der Blutpumpe verbunden.
- Die Funktion der magnetischen Lagerung ist anhand von Fig. 2 und 2a beschrieben.
- 25 Fig. 2 und Fig. 2a zeigen weiterhin jeweils im Längsschnitt und im Querschnitt eine weitere beispielhafte Ausführung einer Blutpumpe mit einer magnetisch gelagerten Rotornabe 52. In der Rotornabe 52 ist der Motorrotor 32 mit jeweils an den Enden
- 30 angeordneten permanentmagnetischen Lagerelementen 42 kombiniert, die in einer Fassung 4 gehalten sind. In den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' sind direkt permanentmagnetischen Lagerelementen 42 gegenüber-
- 35 stehend permanentmagnetische Lagerelemente 41 angeordnet. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind hier entgegengesetzt gepolt. Die axial gerichtete, sich zwischen den permanentmagnetischen Lagerelementen 41 und 42 ausbildende Anziehungskraft

5 sorgt dafür, daß das Förderteil 5 koaxial im
rohrförmigen Hohlkörper 1 gehalten wird und radiale
Auslenkungen korrigiert werden. Positionssensoren 43,
die ebenfalls in den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7'
angeordnet sind, ermitteln die Breite des Nabenspaltes
10 9 und regeln diese über den Axialstabilisator 12. Der
Axialstabilisator 12 ist in einem Stabilisatorgehäuse 2
angeordnet. Die Axialstabilisatoren 12, ausgebildet als
Spulen, erzeugen bei eingeschaltetem Strom ein
Magnetfeld, das über das Stabilisatorgehäuse 2 und die
15 Flußleitstücke 10 so geleitet wird, daß das Förderteil
5 eine stabile axiale Lage zwischen den Fluid-
Leiteinrichtungen 7 und 7' einnimmt. An den Enden der
Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' sowie an der Außenwand
des rohrförmigen Hohlkörpers 1 sind Drucksensoren 60
20 sowie ein Flußsensor 61 zur Charakterisierung der
Strömung angebracht. Das aus dem Motorrotor 32 und den
permanentmagnetischen Lagerelementen 42 sowie der
Rotorbeschaufelung 53 bestehende Förderteil 5 wird über
den Motorstator 31 in Rotation versetzt. Radiale
25 Abweichungen bei der Rotation werden durch die
entgegengesetzt gepolten permanentmagnetischen Lager-
elemente abfangen, während die axiale Stabilisierung
über die Positionssensoren 43 und die Axial-
stabilisatoren 12 erfolgt. Die Konzentrierung der
30 Hauptmasse der permanentmagnetischen Lagerelemente 42
im Bereich der Achse des Förderteiles 5 ermöglicht, die
Pumpe in einer pulsatilen Betriebsweise zu betreiben,
beispielsweise durch schnelle Drehzahländerung des
Rotors.

35

Alternativ sind die permanentmagnetischen Lagerelemente
41 und 42 statt als Vollzylinder als permanent-
magnetische Ringe ebenfalls mit axialer Magnetisierung
ausgebildet. Beliebige, dem Fachmann bekannte

5 Ausgestaltungen können für die genaue Ausbildung der
permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 verwendet
werden.

10 Für eine Stabilisierung der axialen Lage des
Förderteiles 5 bzw. der Rotornabe 52 ist in
beispielhafter Ausführung ein Axialstabilisator 12
vorgesehen, der mit Positionssensoren 43 zusammenwirkt
und der über die Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' auf
15 das Förderteil 5 jeweils stirnseitig einwirkt und eine
hier nicht dargestellte elektronische Steuerschaltung
benutzt. Der Axialstabilisator 12 bewirkt eine aktive
Regelung der axialen Lage des Förderteiles 5, wobei die
Stabilisierungsspulen entsprechend der vorgenommenen
20 Regelung mit Strömen beaufschlagt werden und dabei
einen axialen Magnetfluß erzeugen, der den axialen
Magnetfluß der permanentmagnetischen Elemente über-
lagert und der Regelung der axialen Lage dient. Die
Positionssensoren 43 stellen Abweichungen von der
axialen Sollposition des Förderteiles 5 fest und leiten
25 diese Information an die Steuerschaltung weiter.

Fig. 2b und Fig. 2c zeigen im Längs- und im Querschnitt
eine weitere beispielhafte Ausführung einer
erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Halterungen 75, die
30 in Strömungsrichtung gesehen vor und hinter dem
Förderteil 5 angeordnet sind, bestehen aus einer Nabe
73, die mit Stützen 74 an der Innenwand des
rohrförmigen Hohlkörpers 1 befestigt sind. Die Stützen
74 sind hier beispielhaft im Abstand von 90° um die
35 Nabe 73 angeordnet. Grundsätzlich würde auch eine
Stütze 74 ausreichen. Die Halterung 75 dient im
wesentlichen der Aufnahme der permanentmagnetischen
Lagerelemente 41. Die sich gegenüberstehenden
permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind auch

5 hier entgegengesetzt gepolt. Für die axiale Stabilisierung sorgen der Axialstabilisator 12, der Positionssensor 43 und eine nicht dargestellte Regelelektronik.

10 In Fig. 2d sind in weiterer beispielhafter Ausführung das Förderteil 5 und die Fluidleiteinrichtung 7 konisch ausgebildet. Ein konischer Rotor 80 des Förderteiles 5 vergrößert sich in Strömungsrichtung und geht weiter konisch sich vergrößernd in eine konische
15 Leiteinrichtung 81 über. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind entgegengesetzt gepolt, die axiale Stabilisierung erfolgt auch hier über die Positionssensoren 43 in Verbindung mit dem Axialstabilisator 12.

20 Die Figuren 3a und 3b zeigen jeweils im Längs- und im Querschnitt im Detail eine beispielhafte Ausführung der Halterung 75 mit Stützen 74.

25 Fig. 4 zeigt ein Förderteil 5 mit der Rotornabe 52, um die herum zwei Rotorbeschaufelungen 53 und 53' angeordnet sind. Die Anordnung von zwei oder mehr Rotorbeschaufelungen 53 ermöglicht es, die Wirkung der Beschaufelung des Förderteiles 5 zu erhöhen.

30 In Fig. 5 und Fig. 5a sind im Längs- und im Querschnitt Fluid-Leiteinrichtungen 7 bzw. 7' dargestellt, bei denen das permanentmagnetische Lagerelement 41 vom Positionssensor 43 umgeben ist.

35 Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Hier ist die Magnetlagerung mit einer mechanischen radialen Lagerung kombiniert. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41

B 19.04.00

18

5 und 42 sind gleichsinnig gepolt. Die mechanische Lagerung besteht aus einer Achse 44, die in den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' fest fixiert ist, während das andere Ende der Achse 4 in einer Lagerbuchse 45 des Förderteiles 5 drehbar gelagert ist. Aufgrund der
10 gleichsinnigen Polung der sich gegenüber stehenden permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 entfällt hier vorteilhafterweise eine Axialstabilisierung. Die radiale Stabilisierung erfolgt über die Achse 44.

15 In Fig. 6a, in der ebenfalls eine mechanische radiale Lagerung mit einer Magnetlagerung kombiniert ist, sind die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 im Gegensatz zu Fig. 6 entgegengesetzt gepolt. Das macht es hier erforderlich, im Stabilisatorgehäuse 2
20 Axialstabilisatoren 12 anzuordnen, Positionssensoren 43 und eine Regelelektronik vorzusehen.

Maßnahmen, die die radiale Druckverteilung beeinflussen und Ausgleichsströmungen zur Verhinderung von
25 Totwassergebieten im Bereich der Rotornabe 52, das heißt im Nabenspalt 9 zwischen den Stirnseiten der Fluid-Leiteinrichtung 7 und 7' und Förderteil 5, bewirken, sind in Fig. 7a, b, c, 8 und 8a dargestellt. In Fig. 7a ist auf einer Stirnseite 722 der Fluid-
30 Leiteinrichtung 7, 7' eine sich vom Zentrum radial nach außen erstreckende Rippe 723 angeordnet.

In Fig. 7b ist die Rippe 724 gebogen ausgebildet. Statt derartiger Rippen können an der Stirnseite 722 auch konvexe und/oder konkave Wölbungen, radiale
35 Beschaufelungen, Mikroschaufeln, Rippen, Rillen und exzentrische Erhöhungen 725 (Fig. 7c) beliebiger Form oder auch einfach eine Rauigkeit der Oberfläche vorgesehen sein. Entscheidend ist allein, daß es sich hierbei um Mittel handelt, durch die das Fluid bei

DE 200 07 580 U1

5 Rotation des Förderteiles 5 radial aus dem Nabenspalt 9
 (vgl. Fig. 9) herausbefördert wird. Selbstverständlich
 können diese Mittel auch an der Stirnseite der
 Rotornabe 52 angeordnet sein.

10 Die Darstellung gemäß Fig. 8 bewirkt vorteilhafterweise
 zusätzlich eine Verbesserung der Notlaufeigenschaften
 im Falle des Ausfallens der Axialstabilisierung.

15 In Fig. 9 weist die Nabe 73 eine axiale Bohrung 726
 auf, die vom zu fördernden Fluid durchströmt wird und
 bewirkt, daß im Nabenspalt 9 befindliches Fluid
 zusätzlich radial transportiert wird.

20 Es wird darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße
 Magnetlagerung nicht auf zylindrische Formen der
 Magnete beschränkt ist. Weitere geometrische
 Ausgestaltungen der permanentmagnetischen Lagerelemente
 41 und 42 sind möglich.

25 Die Erfindung bezieht sich in ihrer Ausführung nicht
 nur auf die vorgenannten Ausführungsbeispiele.
 Wesentlich für die Erfindung ist allein, daß das
 Förderteil 5 der Axialpumpe bzw. der Blutpumpe mittels
 Magnetlagerung in dem rohrförmigen Hohlkörper 1
30 gelagert ist.

35

5

Bezugszeichenliste

	1	Rohrförmiger Hohlkörper
	2	Stabilisatorgehäuse
	3	Pumpengehäuse
10	4	Fassung
	5	Förderteil
	6	Krümmern
	6'	Krümmern
	7	Fluid-Leiteinrichtung
15	7'	Fluid-Leiteinrichtung
	8	Rotorspalt
	9	Nabenspalt
	10	Flußleitstück
	11	Kabelstutzen
20	11a	Kabel
	12	Axialstabilisator
	31	Motorstator
	32	Motorrotor
	41	permanentmagnetisches Lagerelement
25	42	permanentmagnetisches Lagerelement
	43	Positionssensor
	44	Achse
	45	Lagerbuchse
	51	
30	52	Rotornabe
	53	Rotorbeschau felung
	60	Drucksensor
	61	Flußsensor
	62	Aortenkanüle
35	63	Verbindungselement

B 19.04.00

21

- 5 72 Fluid-Leitbeschaufelung
- 72' Fluid-Leitbeschaufelung
- 73 Nabe
- 74 Stütze
- 75 Halterung
- 10 76 Nabenkappe.
- 722 Stirnseite
- 723 Rippe
- 724 Rippe
- 725 Erhöhung
- 15 726 Bohrung
- 80 konischer Rotor
- 81 konische Leiteinrichtung

DE 200 07 580 01

5

Schutzansprüche

10

15

20

25

30

35

1. Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden, bestehend aus einem rohrförmigen, das Fluid im wesentlichen axial führenden Hohlkörper (1), in dem in axialer Ausrichtung ein mit einem außerhalb des Hohlkörpers (1) befindlichen Motorstator (31) in Rotation versetzbares Förderteil (5) gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß

das in Rotation versetzbare Förderteil (5) zwischen zwei im Hohlkörper (1) fixierte Befestigungselemente (7, 7', 75), durch je einen Nabenspalt (9) berührungsfrei getrennt, gelagert ist, wobei sowohl die Befestigungselemente (7, 7', 75) als auch das Förderteil (5) funktionell zusammenwirkende Lager-elemente (41, 42 und/oder 44, 45) aufweisen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

Sensoren (43) und Stabilisatoren (12) zur Positionserfassung und Positionskorrektur des Förderteiles (5) in den Befestigungselementen (7, 7', 75) und an oder in der Wandung des Hohlkörpers (1) angeordnet sind.

5

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß

zur Strömungscharakterisierung Druck- und
Flußsensoren (60, 61) in den Befestigungselementen
10 (7, 7', 75) und/oder an oder in der Wandung des
Hohlkörpers (1) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

15 dadurch gekennzeichnet, daß

die funktionell zusammenwirkenden Lagerelemente
(41, 42, 44, 45) permanentmagnetische Lagerelemente
(41, 42) aufweisen, die in den Befestigungs-
elementen (7, 7', 75) und im Förderteil (5) jeweils
20 gegenüberstehend angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß

25 die funktionell zusammenwirkenden Lagerelemente
(41, 42, 44, 45) Flußleitstücke (10) aufweisen, die
in den Befestigungselementen (7, 7', 75) angeordnet
sind.

30

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Förderteil (5) auf zwei Achsen (44) drehbar
radial gelagert ist.

35

- 5 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Förderteil (5) auf einer durchgehenden Achse
(44) drehbar radial gelagert ist.
- 10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Achse (44) mit dem Förderteil (5) oder mit den
Befestigungselementen (7, 7', 75) fest verbunden
15 ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
20 die Achse (44) in einer Lagerbuchse (45) drehbar
radial gelagert ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
25 dadurch gekennzeichnet, daß
die sich gegenüberstehenden permanentmagnetischen
Lagerelemente (41, 42) gleichgepolst sind.
- 30 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die sich gegenüberstehenden permanentmagnetischen
Lagerelemente (41, 42) entgegengesetzt gepolst sind.

5

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß

bei entgegengesetzter Polung der permanent-
magnetischen Lagerelemente (41, 42) ein
10 Stabilisator (12) zur axialen Stabilisierung des
Förderteils (5) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß

die Befestigungselemente (7, 7', 75) als Fluid-
Leiteinrichtungen (7, 7') mit Fluidbeschaufelungen
(72) ausgebildet sind.

20

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß

an den dem Förderteil (5) zugewandten Stirnseiten
(722, 723) der Befestigungselemente (7, 7', 75)
25 und/oder an den Stirnseiten des Förderteiles (5)
Rippen (723, 724) sowie Beschaufelungen, Rillen,
konvexe und/oder konkave Ausbuchtungen oder
exzentrisch angeordnete Erhöhungen (725) angebracht
sind.

30

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß

in mindestens einem der Befestigungselemente (7,
7', 75) eine axial verlaufende Bohrung (726)
35 angeordnet ist.

5

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Rotornabe (52) des Förderteiles (5) in axialem
Abstand zwei Rotorbeschaufelungen (53) aufweist.

10

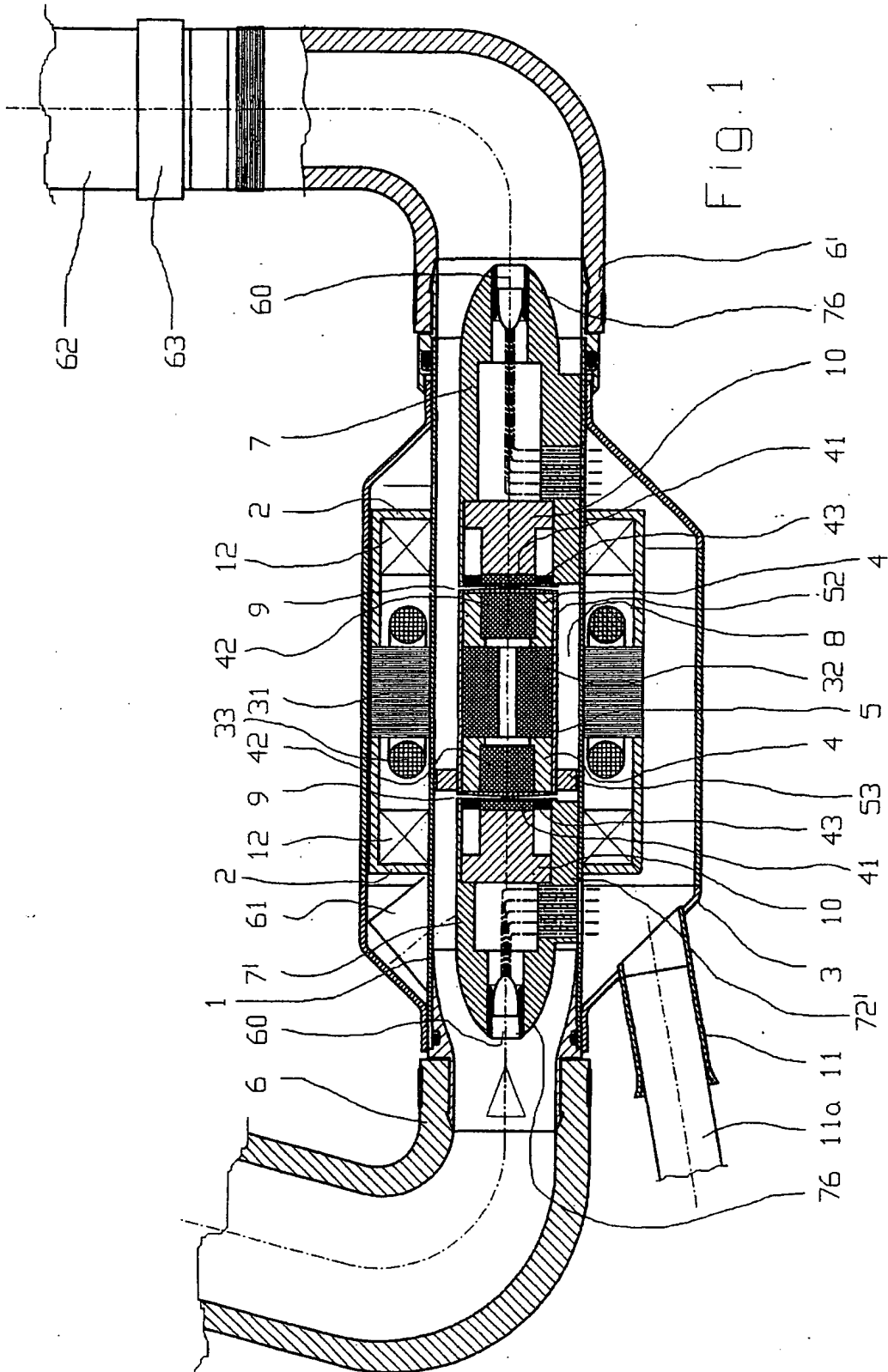
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Rotornabe (52) und die Naben (73)
15 zylinderförmig ausgebildet und die Naben (73) durch
Nabenkappen (76) an dem dem Förderteil (5)
abgewandten Ende abgeschlossen sind.

20

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Förderteil (5) und die Halterungen (75), auch
in der Ausbildung als Fluid-Leiteinrichtungen (7,
7') in Strömungsrichtung nichtzylindrisch
25 vergrößert oder verjüngt ausgebildet sind.

B 19.04.00

1/8



DE 200 07 580 U1

B 19.04.00

2/8

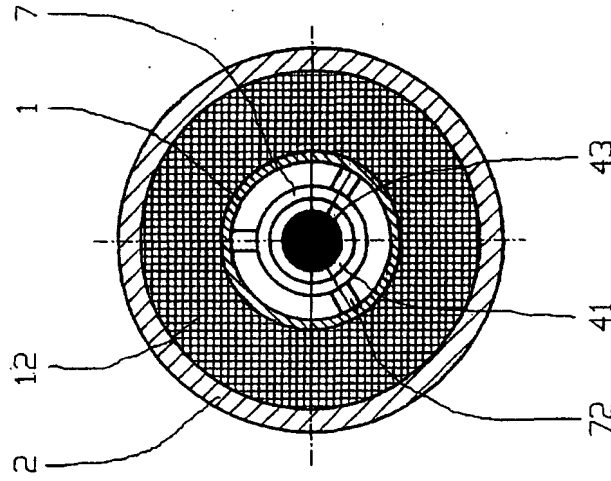
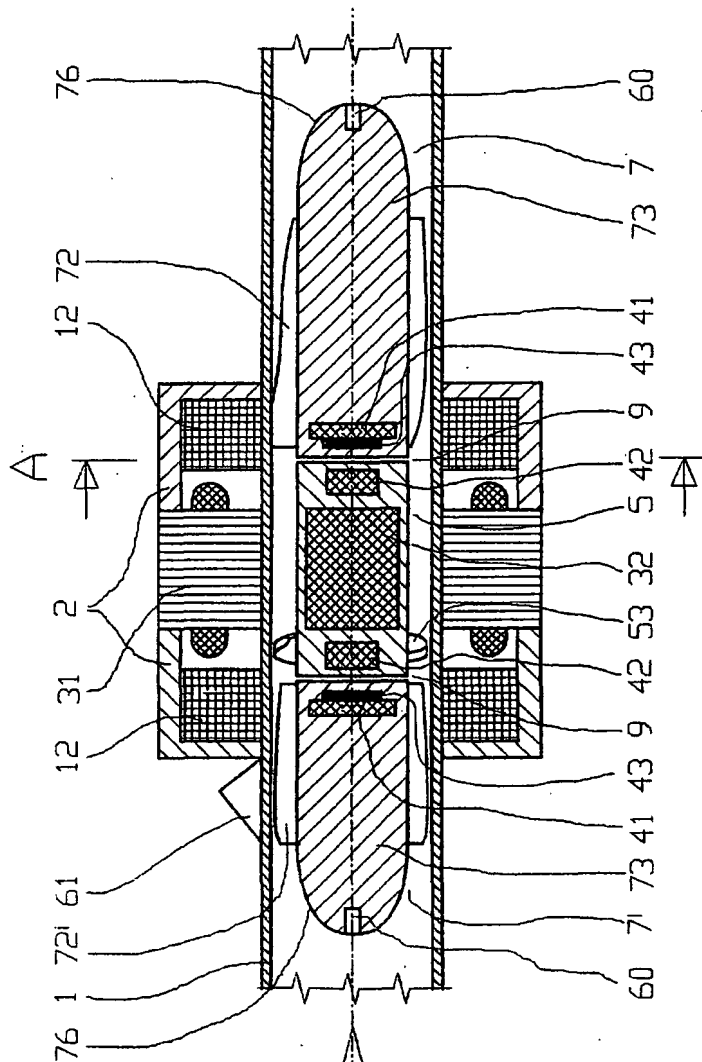


Fig. 2a
Schnitt A-A



A Fig. 2

DR 200 07 580 U

B 19.04.00

3/8

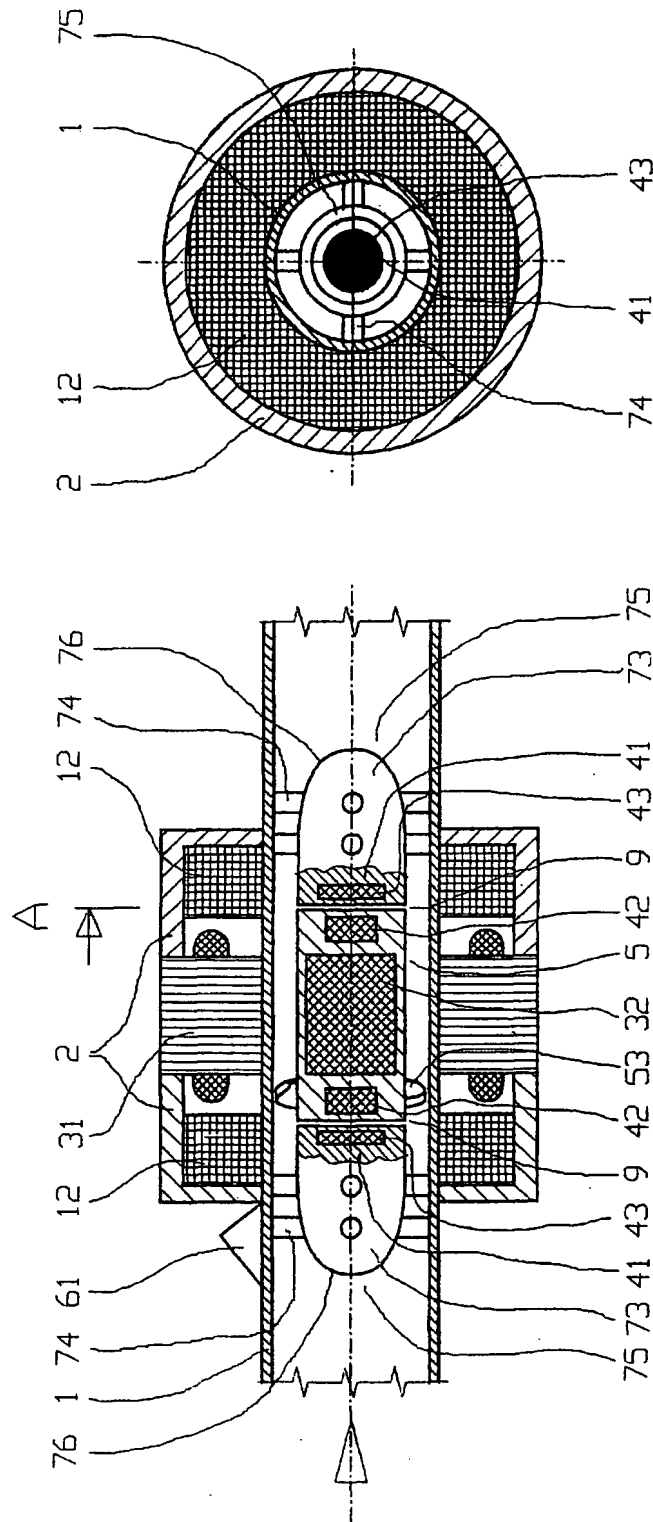


Fig. 2c
Schnitt A-A

Fig. 2b

DE 200 07 580 U1

B 19.04.00

4/8

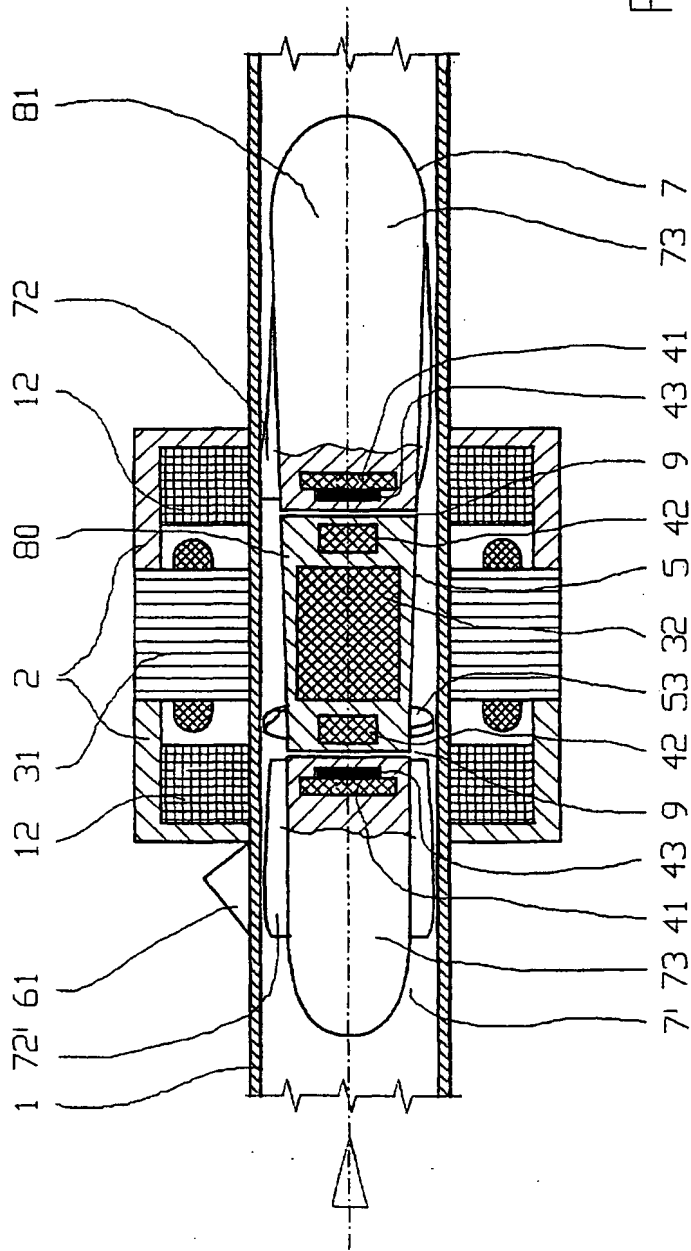


Fig. 2d

DE 200 07 580 U1

5/8

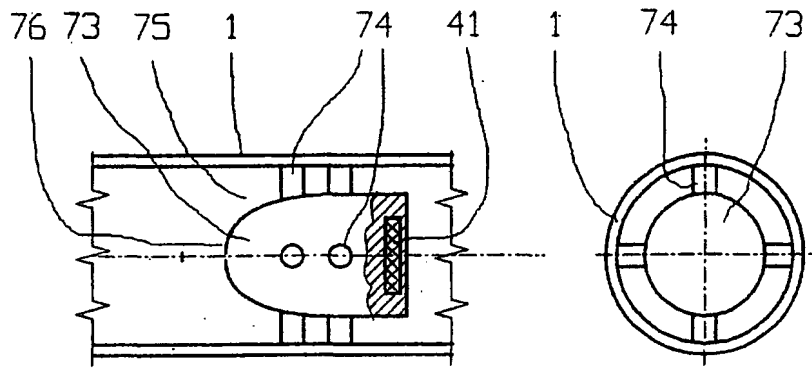


Fig. 3a

Fig. 3b

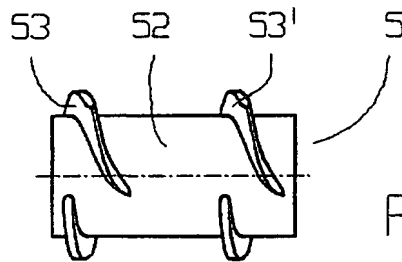


Fig. 4

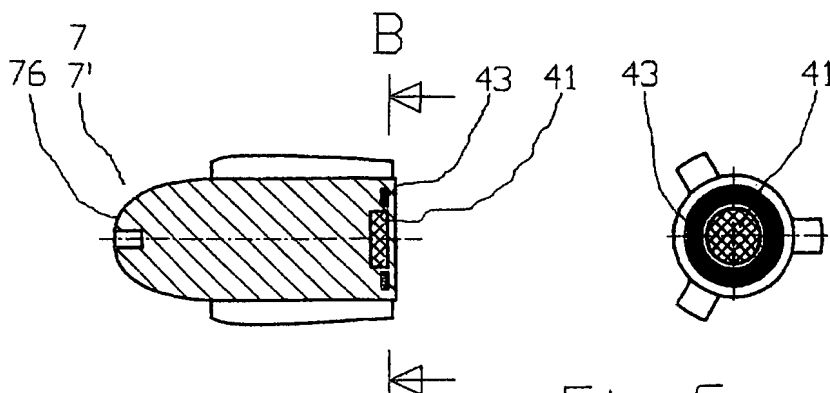


Fig. 5

Fig. 5a

Schnitt B-B

B 19.04.00

6/8

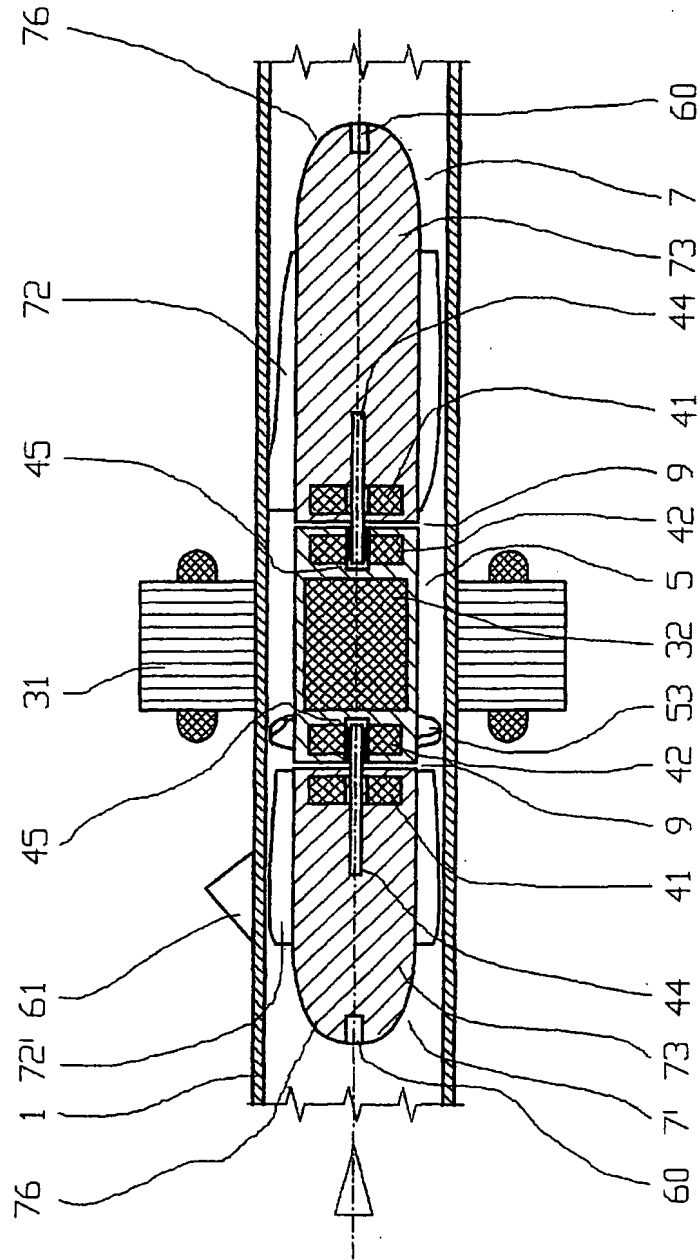


Fig. 6

DE 200 07 580 U1

B 19.04.00

7/8

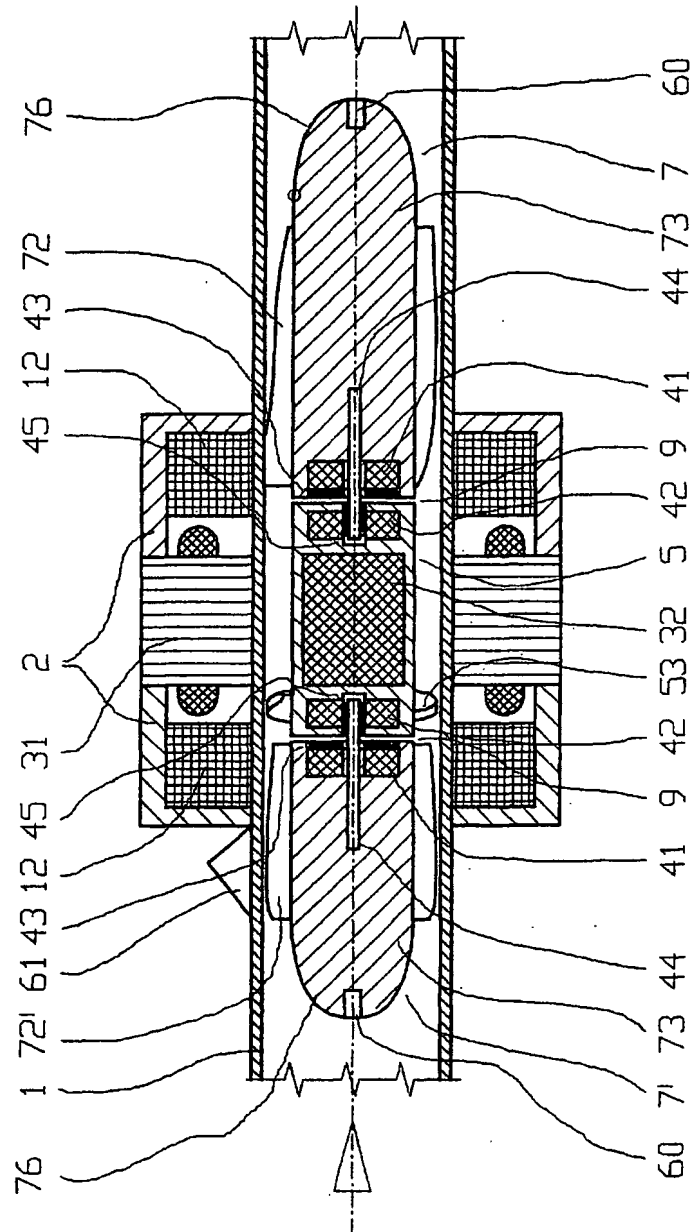


Fig. 6a

DE 20007580 U

B 19.04.00

8/8

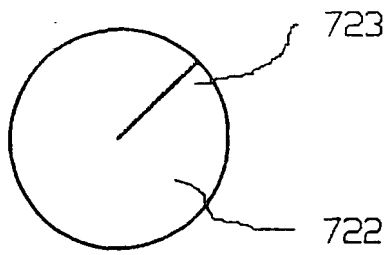


Fig. 7a

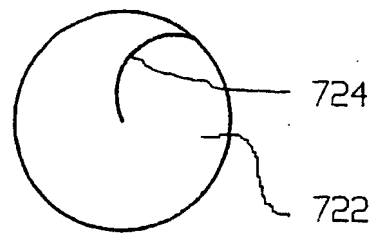


Fig. 7b

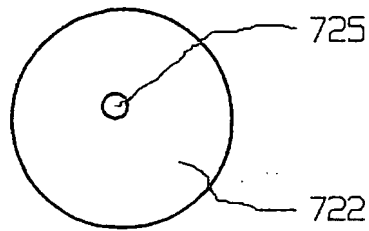


Fig. 7c

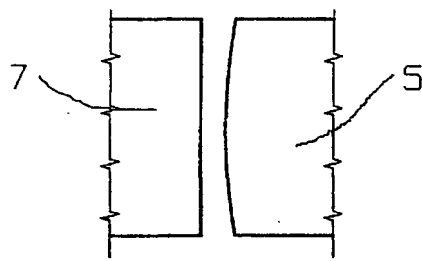


Fig. 8

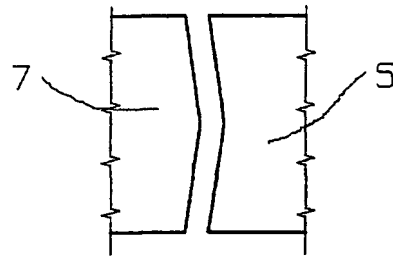


Fig. 8a

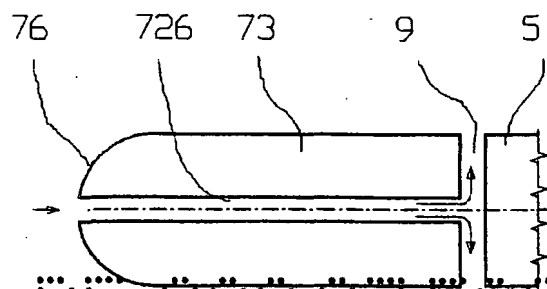


Fig. 9

DE 20007580 01